

最初沈澱池+DHS リアクターを用いた処理水の灌漑利用のための衛生学的指標の評価

香川高等専門学校 賛助会員 ○景政柊蘭 長町晃宏 多川正, 東北大学院・工 久保田健吾, 東北大・NICHe
高橋優信 原田秀樹 新潟薬科大・応用生命 井口晃徳 木更津高専 大久保努・上村繁樹
長岡高等専門学校 押木守・荒木信夫

1. はじめに

現在, エジプトなどの乾燥地域を含む開発途上国では急激な人口増加に伴い, 水需要は増加している。そこで, 下水処理水を灌漑用水として再利用するというのが提案された。しかし, 経済発展を優先するあまりに下水道などのインフラの導入や環境整備が十分に整っていないという現状である。そのため多くの地域において下水が未処理・処理不十分なまま垂れ流されており, それによる下痢や急性胃腸炎等, 人体への健康被害は深刻である。

そこで低コストかつ高い処理能力を持つ技術が必要となり我々の研究室では, 最初沈澱池+DHS システムを考案し, 長期連続処理実験を行っている。しかしながら, 衛生学的指標となる糞便性大腸菌群(以下 *F.coli*) の処理性能が向上せず現状では, エジプトの灌漑利用基準値(5×10^3 MPN/100mL)を満たしていない。

そこで本研究では, 現在の処理システムの後段処理として, DHS 処理水に対する加熱処理実験と銅イオンによる *F.coli* の不活化実験を行った。

2. 実験方法

本システムは, 香東川浄化センターに設置した, 初沈+DHS リアクター($\phi 0.8\text{m} \times \text{H}5.25\text{m}$, 有効容積 2.4 m^3)で構成されている。長期連続処理実験によって *F.coli* の挙動変化について調査するとともに, *F.coli* の不活化実験(加熱処理, 銅イオン)を行った。

(1) 長期連続処理実験

本実験での分析対象は生下水, 初沈処理水, DHS 処理水, 終沈処理水とし, *F.coli* について分析を行った。

(2) 加熱処理法

本実験では, 実験対象を DHS 処理水とし, 加熱処理を行った。水温を $50, 60, 70^\circ\text{C}$ まで上昇させ, 各水温に達した直後, 各水温を保ちながら 5, 10, 15 分間静置したサンプルを採取し, 実験を行った。加熱処理水を 1mL コンパクトドライ(「ニッスイ」EC, 日水製薬(株)製)に散布し, 35°C 24hr 間培養することで加熱処理による *F.coli* への効果と実用化への検討を行った。コンパクトドライによって観察されるコロニーは, 青コロニーが大腸菌, 赤コロニーが大腸菌群を示している。

(3) 銅イオンによる *F.coli* の制御

本実験では, 銅極に通電することで発生する銅イオンによる *F.coli* への制御効果の検討を行った。実験は, 「銅しましょ」(有限会社エルアンドアール)を用いて行い, 実験対象は DHS 処理水とした。実験条件は, 通電なし, 通電 1 分, 3 分, 5 分とし, 水温, pH, *F.coli* について分析を行った。銅しましょは水道水に対し, 1 分間通電することで 3.5mg/L の銅イオンが得られる。*F.coli* の測定については, 加熱処理法と同様にコンパクトドライを用いて行い, 各サンプルにつき 3 枚用いて平均化を行った。

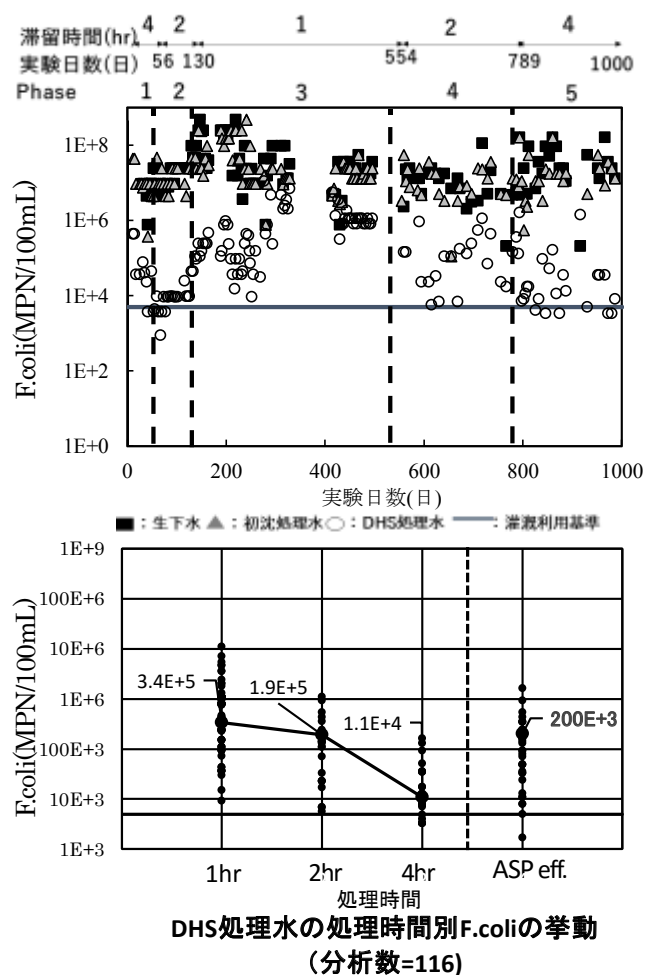


図 1 長期連続処理実験結果

3. 実験結果及び考察

(1) 長期連続処理実験

実験結果を図1に示した。本システムでは、生下水に対して DHS 処理水の F.coli 平均除去率約 99.7%(Phase5)と大きく低下しているが、安定的に灌漑利用基準値まで下がってはいない。また、本システムによる F.coli の除去能力については、図1よりばらつきが大きく、安定した処理が出来ていないという結果が得られた。滞留時間については長いほど F.coli の除去が進んでいることが判明した。しかしながら、滞留時間を長くすると1度に処理できる量が少なくなるため、コスト面から滞留時間は短い方が良いとされる。よって、F.coli の除去のためには後段処理が必要であると考えられた。

(2) 加熱処理法

実験結果を図2に示した。コロニー観察の結果より、水温が 60℃以降は、F.coli は観測されなくなった。この方法では安定的に F.coli を除去することができるが、DHS 処理水の平均水温が 24.0℃(Phase5)であるため、水温を 60℃まで上昇させると、コストが 993.8 円/m³/日かかる。エジプト・カイロ都市圏ナイル川西岸地区において、下水量は 100 万 m³/日であるので、全ての下水において F.coli を不活化しようとする約 10 億円/日かかる。下水処理にこれ程費用をかけるのは負担が大きすぎる。そのため実用化には不適正であると判断した。

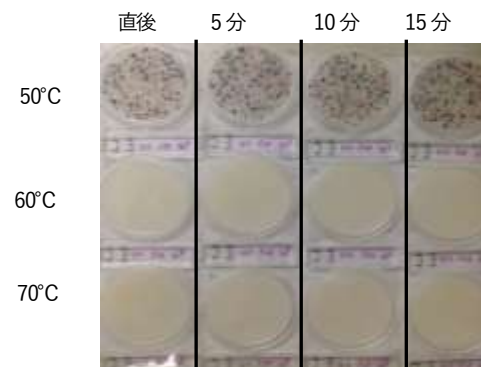


図2 加熱処理実験結果

(3) 銅イオンによる F.coli の制御

実験結果を図3,図4に示した。実験結果より、通電時間 5 分において平均の F.coli は 33 個/mL(3,300 個/100mL)であり、灌漑利用基準値を達成する可能性がある。この時の pH は 7.21 と中性域であり、F.coli が死滅不可能な pH である。F.coli の減少の理由として、銅イオンが F.coli の細胞表面の陰イオンと吸着し、細胞内に浸透することで F.coli は増殖停止、死滅に至ったと考えられる。図4より、通電時間の増加とともに F.coli は不活化されるが、同時に銅イオンが水中に溶けだすことによる pH の上昇傾向が見られた。pH が上昇し、アルカリ性になった処理水を灌漑に再利用した場合、土壌の重金属等が溶け出してくる可能性が高い。重金属等は作物に影響を及ぼし枯れてしまう。DHS 処理水は灌漑再利用を目的にしているが、逆に作物を育たなくしてしまい逆効果となる。そのため実用化段階においては、不活化に最適な銅イオン濃度を考慮する必要がある。

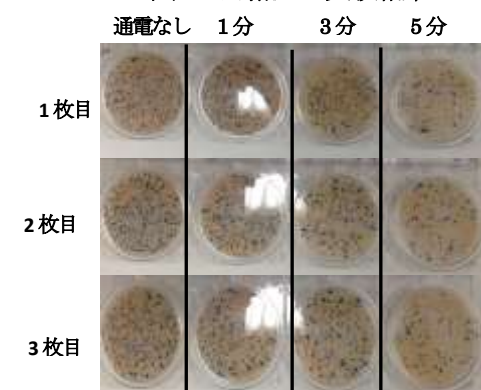


図3 銅イオンによる F.coli の制御実験結果

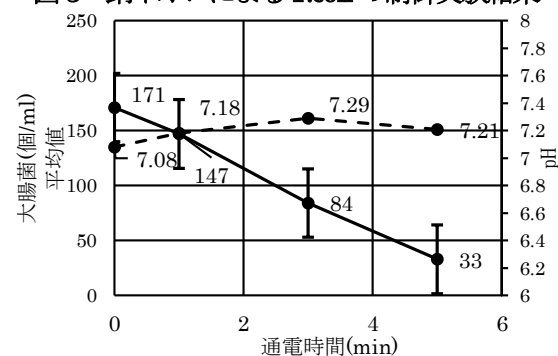


図4 通电時間と大腸菌及びpHの関係

4. まとめ

初沈+DHS システムにおける長期実験の結果、F.coli は灌漑基準値以下に安定して処理が行えておらず、後段処理を行う必要があることが判明した。後段処理法として、加熱処理法と銅イオン法を行った。結果、加熱処理法は F.coli の不活化は可能だが、コスト面から不適正であった。銅イオン法も F.coli の不活化は可能であるが、実用化においては適正な銅イオン濃度など更なる検討が必要である。

参考文献

- 1) 上村繁樹, 大久保努, 多川正, 荒木信夫, 原田秀樹: エジプトにおける下水処理水の実態とその改善に向けての今後の展望, 用水と排水, 3(2015)
- 2) 生源寺眞一, おもしろサイエンス土壌の科学 p.127